第28卷 第4期 2016年7月
腐蚀科学与防护技术
CORROSION SCIENCE AND PROTECTION TECHNOLOGY
Vol.28 No.4 Jul. 2016

经验交流

# 腐蚀监测系统在炼油装置的建立及应用

陈 轩[1] 冯 丹[2] 陈 阵[2] 雷 静[2] 陈良超[1]

1. 北京化工大学机电工程学院 北京 100029;
2. 兰州石化公司研究院 兰州 730000

**摘要**:介绍了某石化公司建立的涵盖在线腐蚀监测、管线定点测厚、化学工艺分析及失效案例查询等多种腐蚀监测手段的综合腐蚀监测系统。

**关键词**:腐蚀监测 化学分析 定点测厚 失效案例

**中图分类号**:TG172 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-6495(2016)04-0379-05

## 1 前言

炼油装置腐蚀监测系统的建立可以对主要设备及工艺管线的腐蚀状况进行监测，及时跟踪发现各设备和管线的腐蚀情况及该材质是否满足工艺介质要求，对各种材料的耐蚀性能进行评定，为防腐蚀措施及腐蚀监测手段的实施调整提供可靠依据，同时通过腐蚀数据管理系统及时将监测结果发送至相关管理人员，做好防腐蚀工艺措施的调整和腐蚀监测位置的调整，便于更好地开展腐蚀监测工作[1]。

在腐蚀监测系统设计与应用方面，国外先进炼化企业起步较早，如壳牌公司先后开发了应用于分馏塔顶冷凝系统的$NH_4Cl$模型、应用于预测硫-环烷酸腐蚀的SULTAN模型等数十种腐蚀分析软件，这些分析评估软件广泛应用于其下属炼化企业并在腐蚀防护工作中取得了一定成效。国外其它一些炼化企业采用了一些综合性腐蚀监测数据管理软件(RCS、Corrocean、Honeywell等)，实现了在线腐蚀监测、定点测厚、油品分析、水质分析等监测数据的统一管理，并初步具备腐蚀监测数据分析诊断功能。国内科研机构通过与炼化企业合作，也开发出一些腐蚀监测数据管理系统，但是由于起步较晚，目前系统基本只是离散运行，各自完成某一功能的监测数据管理，而没有将多种监测数据在同一平台集中统一管理[2-7]。

某石化公司为全面监测并掌握炼油装置的腐蚀状况，根据几年腐蚀监测工作的积累以及腐蚀监测方法的合理选择和配置，初步建立了涵盖在线腐蚀监测、管线定点测厚、化学工艺分析及失效案例查询等多种腐蚀监测手段的综合腐蚀监测系统，通过一段时间的应用，取得了较好的效果。

## 2 腐蚀监测系统的建立

建立腐蚀监测系统，主要是建立腐蚀监测数据管理系统，借助网络把各类监测数据进行收集、整理、分析、对比及整合，实现炼厂炼油装置腐蚀监测数据和报告的网络查询及实时浏览，缩短各项监测数据的周转时间，提高各项监测数据的综合利用率及炼厂各级设备管理人员的工作效率；同时系统还具备报警功能，对各类异常数据和突发状况进行报警提示，便于设备、安全管理人员快速发现腐蚀问题或隐患，及时采取有效措施，降低由于腐蚀造成事故的风险。

### 2.1 腐蚀监测系统的总体结构及功能

腐蚀监测系统总体结构根据日常腐蚀监测工作开展流程与技术特点为基础进行设计，包括“在线腐蚀监测”、“化学分析”、“定点测厚”和“失效案例”4个主要功能模块，4个模块将收集的大量监测数据通过装置服务器上传至监测数据中心服务器，炼油厂的三级应用层 (决策层、管理层、执行层) 通过初始设定的权限随时浏览监测数据中心服务器中相关功能模块中的数据。

腐蚀监测系统功能主要是规范管理各类日常腐蚀监测数据，实现基于工艺流程图的监测数据录入与浏览，同时实现简单的监测数据对比分析功能以及各类腐蚀监测数据报表自动生成，具体见图1。

### 2.2 应用层次设计

为使腐蚀监测系统满足炼油装置业务需求，同时符合管理流程，根据目前炼油装置人员结构，系统

**定稿日期**:2015-10-26
**作者简介**:陈轩，男，1966年生，博士，高级工程师
**通讯作者**:陈良超，E-mail:15001257838@163.com，研究方向为炼化设备管理及腐蚀与防护
DOI:10.11903/1002.6495.2015.301

设计采用3层金字塔式应用层次，明确各层次人员组成与使用本系统的主要功能。

(1) 执行层　由车间/装置防腐管理及技术人员、设备操作人员及腐蚀监检测人员组成，该层人员可通过系统实现各类腐监测数据收集、录入，应用软件功能进行简单腐蚀分析等功能。

(2) 管理层　由炼油厂机动科、车间/装置设备主管等人员组成，该层人员可通过系统了解炼厂各装置腐蚀监测工作具体开展情况，针对具体问题提出指导意见，实时了解腐蚀分析结果。

(3) 决策层　人员构成主要有炼油厂厂长及设备厂长，通过系统可实现宏观了解炼厂腐蚀监测工作开展情况，提出宏观决策与指导意见等功能。

**2.3 系统功能模块**

*2.3.1 在线腐蚀监测*　通过在线pH值监测，可以及时的了解到工艺冷凝液pH值的变化情况，克服了以往间断采样分析过于滞后的状况；通过在线腐蚀速率监测，实现对装置设备管线腐蚀状况的实时在线监测，掌握设备管线腐蚀趋势，预警设备腐蚀失效。

在线监测功能模块可根据炼厂装置流程图直观查看在线监测点的位置，实现根据各级应用层选择的时间段与测点、及探针等信息，对采集得到的监测数据进行分析，得到腐蚀损耗、瞬时腐蚀速率，年腐蚀率及腐蚀趋势曲线等数据；同时该模块还可实现多个监测点腐蚀趋势变化对比，可以对比不同装置、同类型测点的腐蚀速率及腐蚀损耗，也可直观、综合分析某段腐蚀回路的总体腐蚀情况。

*2.3.2 化学分析*　化学分析监测是监控装置腐蚀状况、预测腐蚀变化趋势的有效手段。常用腐蚀介质分析技术包括常减顶冷凝水分析、电脱盐前后原油含盐含水分析、常减压侧线油活性硫及总硫分析、常减压侧线油酸值 (度) 分析等项目。

化学分析功能模块实现对化学分析数据的全面信息化管理，系统提供包括炼油装置关键位置各类化学数据的浏览、分析、对比及报警等功能，主要监测内容包括$Cl^-$、$Fe^{2+}$、S、氨氮含量及冷凝水pH值等。系统对各监测数据设置标准值及临界值，可在已有数据的基础上利用自身先进的完整性操作窗口技术对数据进行分析、汇总及报警。当存在超过红线范围的数值出现，系统会对所有超标数据进行统计，并自动生成列表，帮助使用人员及时发现并解决问题。

*2.3.3 定点测厚*　定点测厚技术是目前国内外炼化企业普遍采用的腐蚀监测技术，它采用超声波测厚方法，通过测量壁厚的减薄来反映设备管线的腐蚀速率。

定点测厚功能模块 (图2) 具有一般测厚软件所具有的数据维护 (录入、外部文件导入)、数据查询、数据报表输出功能。在录入测厚位置信息后，可以选择具体的测厚位置添加监测数据，也可以通过监测数据模版批量导入监测数据。当有监测数据后，系统就可以自动绘制出测厚数据曲线图，并进行腐蚀速率及剩余寿命计算，具体公式如下：

平均腐蚀速率=(设计壁厚-本次测厚)/(本次测厚时间-投用时间)

瞬时腐蚀速率=(上次检查壁厚-本次测厚)/(本次测厚时间-上次测厚时间)

剩余寿命=(本次测厚-最小允许壁厚)/max(平均腐蚀速率，瞬时腐蚀速率)

使用人员可以根据腐蚀速率和剩余寿命的数据，快捷清晰了解管道近期及长期腐蚀情况，从而有根据地制定管道检维修计划。

*2.3.4 失效案例*　失效案例模块 (图3) 收集了

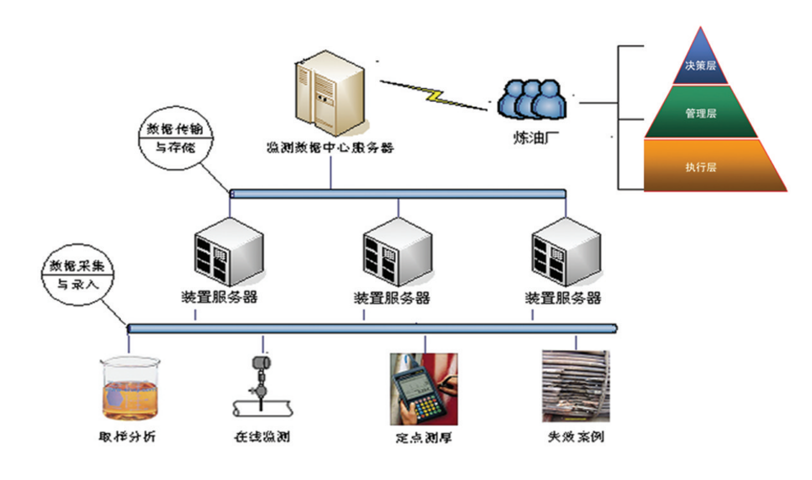



**图1** 腐蚀监测系统结构组成

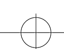





图2 腐蚀监测系统定点测厚模块界面

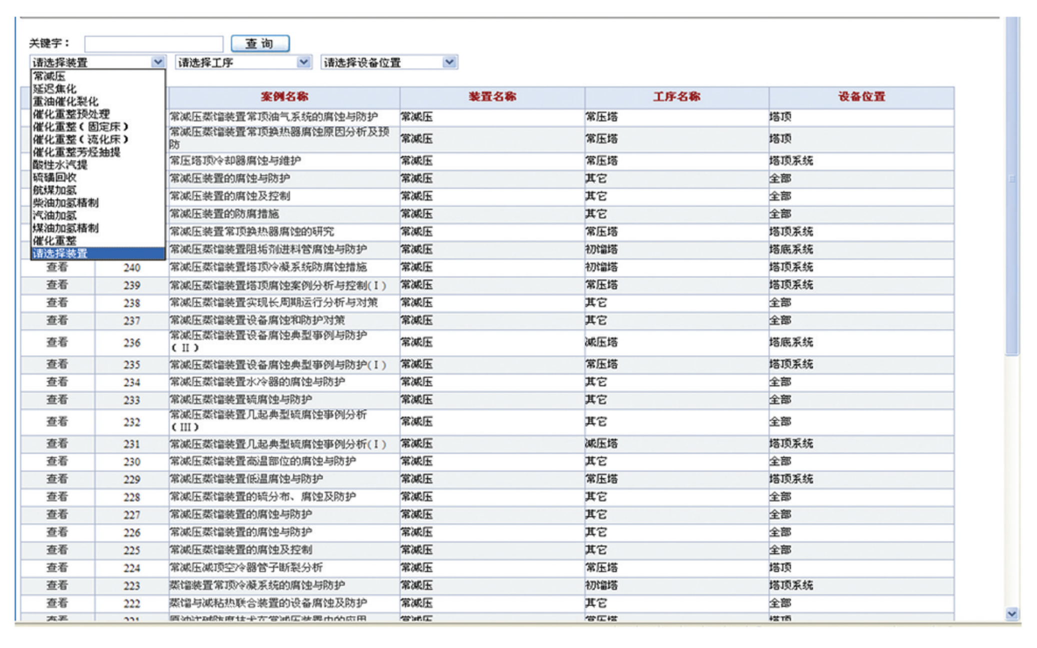



图3 腐蚀监测系统失效案例模块界面

国内外原油加工关键装置的腐蚀失效案例，用基本参数刻画腐蚀特征，充分利用已有的腐蚀历史数据，结合装置操作工艺条件，在网络环境下，通过图文并茂的计算机界面提供一个高效、快捷的演示和操作平台，及时指导管理及技术人员查询和理解腐蚀现象、警示腐蚀后果、防止腐蚀事件的发生。目前，失效案例模块的案例内容已覆盖炼油厂主要装置包括：常减压、催化裂化、催化重整、延迟焦化、加氢、硫磺、酸性水汽提等，该模块按照装置设备信息、案例基本情况、原因分析、文献结论、措施及建议等对案例进行分类描述；案例可按设备信息及关键词两种形式进行查询，便于设备各级人员使用。

## 3 腐蚀监测系统的应用

### 3.1 腐蚀监测系统的应用效果

腐蚀监测系统目前已应用一段时间，自运行以来，该系统发挥了较好的作用，通过在线监测数据的分析，结合定点测厚及化学分析冷凝水中硫含量、氯含量、铁离子、pH值等数据可以及时全面了解设备的腐蚀情况，对异常数据及时发现分析，快速获知腐蚀发生的确切部位，从而迅速采取相应的防腐蚀措施，有效预防安全事故发生。现摘选几个典型案例简述如下：

(1) 某常减压装置常顶空冷腐蚀

某常减压装置常顶空冷A-102的腐蚀问题一直

是该装置最为突出的腐蚀问题之一，甚至还曾出现过由于出口线集合管下部突然发生破裂，常顶油大量泄漏，装置紧急停工的事件发生。

4月初，通过腐蚀监测系统化学分析模块发现该部位出现铁离子超标情况，经过系统对8台空冷出口水样进行化学分析监测后，确定A-102频繁发生腐蚀泄漏主要是常顶空冷系统后程腐蚀引起的，即A-102/5~8腐蚀泄露严重。

通过失效案例模块查找相关文献发现中石化天津分公司$2.5\times10^6$ t/a常减压装置常顶空冷采用不对称布置结构。后经改造，将翅片管式空冷器更换为板式空冷器，相应的配套管线也全部进行了更换，结果投用了0.5 a，常顶板式空冷器就陆续发生了泄漏，在2007年8月测厚中，发现常顶板式空冷出口管线出现腐蚀减薄迹象，最薄部位仅2~3 mm (原始壁厚7 mm)，尤其是弯头等受冲刷部位腐蚀最为严重，腐蚀速率最大2.2 mm/a。其对每台空冷器出口管线温度监测，空冷102/1、4出口介质温度平均70 ℃，空冷102/2、5出口介质温度平均60 ℃，空冷102/3、6出口温度平均35 ℃，经空冷器出口管线温度指示，该空冷布置导致严重的偏流[8]。对比某公司常顶空冷布置，这二者具有相似的布局结构，可判定空冷进料存在偏流现象，根据监测分析结果，装置在该空冷实施了单点注剂措施，腐蚀监测系统通过化学分析及定点测厚模块跟踪装置该部位运行2个月发现$Fe^{2+}$及腐蚀速率明显下降，说明目前空冷腐蚀已得到有效控制。

(2) 某常减压装置常顶低温系统腐蚀

某常减压装置常顶系统共安装两支在线腐蚀速率监测探针，一支安装在常顶换热器E-504出口，另一支安装在常顶空冷A-102出口。

2014年12月通过腐蚀监测系统调取在线腐蚀监测模块腐蚀速率数据 (图4) 发现，常顶换热器E-504出口在线腐蚀监测探针的腐蚀损耗于12月20日左右开始急剧增大，探针腐蚀速率也由月初的0.002 mm/a增大至0.767 mm/a，且$Fe^{2+}$数据明显超标 (标准值为3.0，实测为5.6)。

设备人员在现场进行问题排查，发现常顶注剂泵出现故障，导致常顶系统中和缓蚀剂注入量不足，使得短时间内腐蚀速率急剧增大。经过装置技术人员维修后，常顶注剂泵于25日恢复正常工作，探针腐蚀速率随即降低至0.028 mm/a。

(3) 某催化裂化装置分馏塔积液槽下部塔壁腐蚀某催化裂化装置分馏塔28层塔盘上部积液槽处塔壁部位安装了一支在线腐蚀速率监测探针，探针材质为碳钢。

腐蚀监测系统显示自2014年10月该探针安装运行起，该部位探针腐蚀速率一直保持在0.3 mm/a左右，但在12月20日左右，探针腐蚀损耗急剧增大，腐蚀速率也随即增大至3.4 mm/a左右 (图5)，同时探头金属于2015年1月26日左右损耗完毕，探针随即失效。目前已将积液槽处塔壁及探针材质更新升级为0Cr13材质，同时加强塔壁部位的定点测厚频次，以预防腐蚀穿孔等事故发生，运行至今效果良好。

### 3.2 腐蚀监测系统新技术的应用

为进一步完善腐蚀监测系统，针对装置高温部位的腐蚀进行监测，目前已在常减压装置增设一套在线测厚系统，该系统已于2015年4月正式投入运行，共计在线测点20个。经过一段时间的持续监测，已初步形成一定的数据积累，并依据测厚结果对监测部位的腐蚀速率进行了模拟计算。如减压炉出口3路转油线某测点2015年5月平均腐蚀速率为0.54 mm/a，通过对监测波形 (图6和7) 进行分析可以看出，表面波的形状和位置没有变化，说明管线的温度以及外表面状态没有变化。而一次波的波形 (灰色超声波形) 形状存在明显的变化，说明该点管线内表面有局部腐蚀存在，局部腐蚀的程度对厚度值的影响程度目前不能确定，但该点的腐蚀趋势非常明显，装置根据数据异常情况对工艺进行调整，调整后，6月腐蚀速率已下降至0.18 mm/a，腐蚀趋势得到缓解。

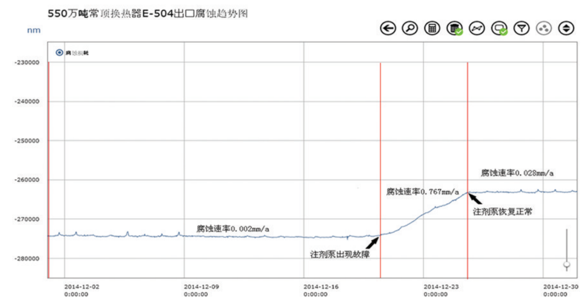



**图4** 2014年12月某常减压装置常顶E-504出口在线腐蚀监测数据

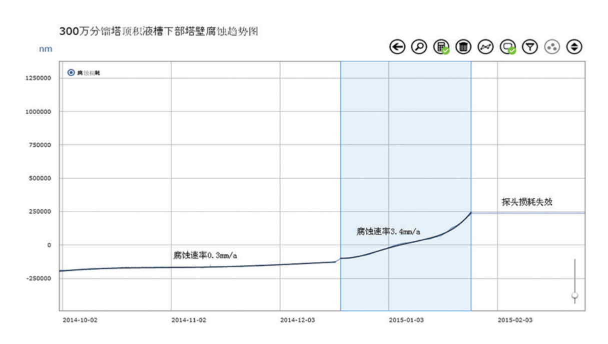



**图5** 某催化裂化装置分馏塔积液槽塔壁在线腐蚀监测数据

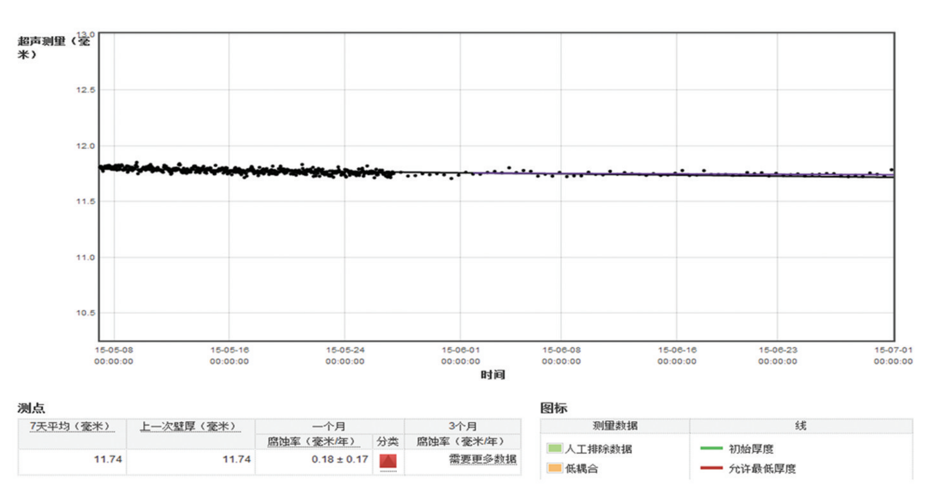



图6 减压炉出口3路转油线在线测厚数据

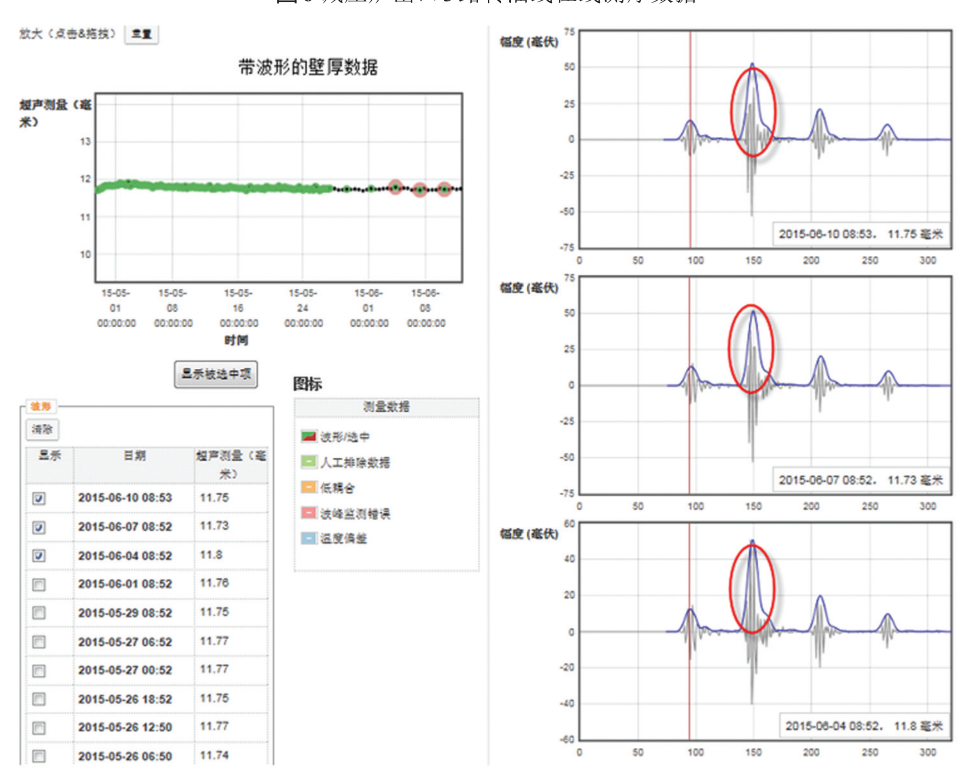



图7 减压炉出口3路转油线监测波形分析

## 4 结论

炼油装置腐蚀监测系统提高了防腐管理的信息化水平，使设备腐蚀管理上了一个新台阶。通过腐蚀监测系统的建立及应用，可以科学准确分析管线、设备的腐蚀状况，出具各项腐蚀监测报告，督导装置设备防腐工作，为各级设备管理部门提供科学帮助和决策依据。运行至今，发现并解决了常减压及催化裂化等炼油装置现场实际问题，消除了安全隐患，对确保装置安稳长满优运行有十分重要的意义。

## 参考文献


[1] 赵敏, 康强利, 孔朝辉. 石化企业中腐蚀监测体系的建立 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 2010, 27(1): 55

[2] 王光耀, 张国强, 郑晓梅. 金属材料腐蚀基础数据库 [J]. 北京化工大学学报, 1995, 22(2): 71

[3] 张远声. 腐蚀数据库和腐蚀专家系统 [J]. 化工腐蚀与防护, 1997, 3: 14

[4] 乔宁, 陶正道. 大型石化企业设备防腐信息管理系统 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2001, 13(3): 177

[5] 彭增海. “一脱四注”工艺防腐蚀数据库管理系统的开发 [J]. 石油化工腐蚀与防护, 1995, 13(1): 57

[6] Giuseppe S. Advances in potential drop techniques for non-destructive testing [D]. London: Imperial College, 2009

[7] Black I, Eden D C, Franklin P, et al. Advanced technology equipment reliability solutions incorporating corrosion management and condition monitoring expertise&technology [J/OL]. Corrosion/2000, /2000, Online Conference: Corrosion Control for the Future, 2000

[8] 刘景明, 黄强. 浅析常顶管线腐蚀及其应对措施 [J]. 化工安全与环境, 2008, (8): 18

